



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Pat ntschrift**
⑩ **DE 100 09 678 C 1**

⑤1 Int. Cl.⁷:
B 32 B 7/04
B 32 B 3/10
B 32 B 7/12
B 32 B 5/18
B 32 B 3/24
B 32 B 15/04
H 01 L 21/58

②1 Aktenzeichen: 100 09 678.6-16
②2 Anmeldetag: 29. 2. 2000
④3 Offenlegungstag: -
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 19. 7. 2001

DE 100 09 678 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:
Schwarzbauer, Herbert, Dr., 81373 München, DE

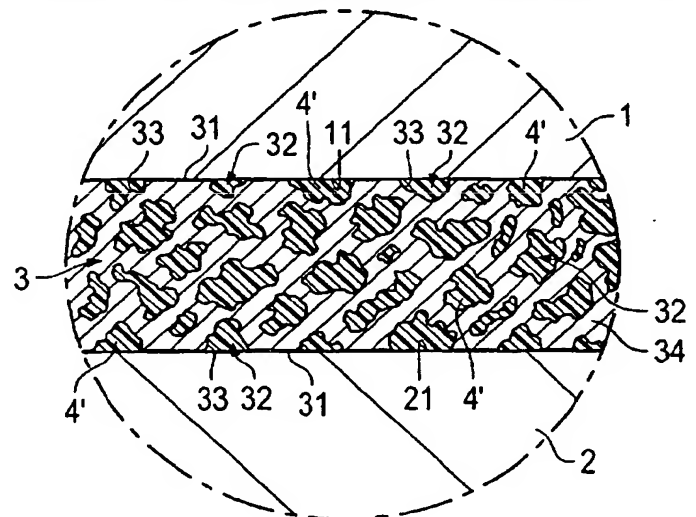
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 195 29 627 C1
DE 34 14 065 A1
DE 21 19 490 A
EP 02 42 626 A2
WO 99 12 727 A1

Klaka, Sven: Eine Niedertemperatur-Verbindungs-
technik zum Aufbau von
Leistungshalbleitermodulen.
Dissertation Göttingen 1997, Cuvillier Verlag;

⑤4 Wärmeleitende Klebstoffverbindung und Verfahren zum Herstellen einer wärmeleitenden Klebstoffverbindung

⑤7 Die wärmeleitende Klebstoffverbindung zwischen zwei
Werkstücken (1, 2) weist eine gesinterte Schicht (3) aus
wärmeleitendem Pulver auf, die zwischen den beiden
Werkstücken angeordnet ist und jedes Werkstück flächig
kontaktiert, und einen Klebstoff (4'), der Öffnungen (33)
an der Oberfläche (31) der Schicht ausfüllt und an beiden
Werkstücken haftet. Vorzugsweise besteht die gesinterte
Schicht aus Silberpulver. Zuerst wird die gesinterte
Schicht zwischen den Werkstücken hergestellt, danach
diese Schicht mit härtbarem flüssigen Klebstoff (4) ge-
füllt, der dann gehärtet wird.



DE 100 09 678 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine wärmeleitende Klebstoffverbindung zwischen zwei Werkstücken und ein Verfahren zum Herstellen einer wärmeleitenden Klebstoffverbindung zwischen zwei Werkstücken.

Elektronische Bauelemente, insbesondere Leistungshalbleiter-Bauelemente wie beispielsweise IGBTs, MOS-FETs, Dioden, Thyristoren usw. erzeugen im Betrieb große Verlustleistungen, die effizient abgeführt werden müssen, um die maximale Betriebstemperatur nicht zu überschreiten.

Für Halbleiterchips bis zu maximal 2×2 cm Größe hat sich in der Technik die Weichlötung mit Zinn, Blei und deren Legierungen auf Trägerkörpern aus Keramik- oder Metall völlig durchgesetzt. Andere Verfahren wie beispielsweise mit Goldloten, Glasplasten usw. haben aus Kostengründen nur einen sehr engen Einsatzbereich gefunden.

Die Entwicklungstendenzen führen einerseits zu immer höheren Betriebstemperaturen bis nahe zu den Schmelzpunkten der Lote bei gleichzeitig erhöhter Zuverlässigkeit, andererseits soll Blei aus Umweltschutzgründen verdrängt werden, insbesondere auch per Gesetz.

Das sonst in der Chipaufbautechnik sehr gebräuchliche Kleben leidet an der schlechten Wärmeleitfähigkeit und auch schlechten elektrischen Leitfähigkeit der Klebstoffe.

Diese schlechte Wärmeleitfähigkeit der Klebstoffe kann durch gut wärmeleitende Partikel verbessert werden, die im schlecht leitenden Klebstoff suspendiert sind.

So ist es beispielsweise aus der DE 195 29 627 A1 bekannt, die Wärmeleitfähigkeit des Klebstoffs durch Beimischung eines wärmeleitenden Pulvers, beispielsweise Nickel-Pulver, zu verbessern.

Konkret beschreibt diese Druckschrift eine wärmeleitende, elektrisch isolierende Klebstoffverbindung zwischen zwei Werkstücken, die eine Schicht aus Keramikmaterial und eine Schicht aus Klebstoff aufweist.

Die Schicht aus Keramikmaterial weist zwei voneinander abgekehrte flachseitige Oberflächen auf, an jeder flachseitigen Oberfläche sind durch Hohlräume in der Schicht definierte Öffnungen vorhanden, und die Schicht ist zwischen den beiden Werkstücken so angeordnet, dass eine der beiden flachseitigen Oberflächen eines der beiden Werkstücke, das in Form eines Kühlkörpers ausgebildet ist, flächig kontaktiert. Überdies sind zumindest die Öffnungen auf der anderen flachseitigen Oberfläche, die von der einen flachseitigen Oberfläche abgekehrt ist, mit elektrisch isolierendem Material gefüllt.

Die Schicht aus Klebstoff ist zwischen der Schicht aus Keramikmaterial und dem anderen Werkstück, das ein elektronisches Leistungsbauelement bildet, angeordnet und weist zwei voneinander abgekehrte flachseitige Oberflächen auf. Eine dieser Oberflächen kontaktiert flächig das andere Werkstück und haftet an diesem. Die andere Oberfläche kontaktiert flächig die andere flachseitige Oberfläche der Schicht aus Keramikmaterial und haftet an dieser.

Der Schicht aus Klebstoff ist zur Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit dieser Schicht ein wärmeleitendes Pulver, beispielsweise Nickelpulver, beigemischt.

Diese bekannte Klebstoffverbindung wird wie folgt hergestellt:

Auf dem einen Werkstück wird die Keramikschicht durch thermisches Spritzen hergestellt, wobei an den flachseitigen Oberflächen dieser Schicht von selbst die durch Hohlräume der Schicht definierten Öffnungen entstehen.

Zumindest die Öffnungen auf der von der einen flachseitigen Oberfläche und dem einen Werkstück abgekehrten anderen flachseitigen Oberfläche werden mit elektrisch isolierendem Material gefüllt.

Die das elektrisch isolierende Material aufweisende Schicht aus dem Keramikmaterial wird durch die Klebstoffschicht, der das wärmeleitende Pulver beigemischt ist, mit dem anderen Werkstück verbunden.

Aus der DE 34 14 065 A1 und der EP 0 242 626 A2 geht jeweils eine andersartige, klebstofffreie Verbindung zwischen einem Werkstück in Form eines elektronischen Bauelements und einem Werkstück in Form eines Substrats hervor, die eine Schicht aus wärmeleitendem Material in Form eines gesinterten Metallpulvers aufweist und damit sowohl wärmeleitend als auch elektrisch leitend ist.

Die Schicht aus dem gesinterten Metallpulver weist zwei voneinander abgekehrte flachseitige Oberflächen auf, deren jede durch Hohlräume in dieser Schicht definierte Öffnungen aufweist.

Die Schicht ist zwischen den beiden Werkstücken so angeordnet, dass eine der beiden flachseitigen Oberflächen an einem der beiden Werkstücke und die andere flachseitige Oberfläche am anderen Werkstück angesintert ist.

Das gesinterte Metallpulver der Schicht ist von einer der flachseitigen Oberflächen in Richtung zur anderen flachseitigen Oberfläche zusammenhängend.

Die Herstellung der klebstofffreien Verbindung nach der DE 34 14 065 A1 erfolgt durch die Schritte:

Auf das eine Werkstück und/oder das andere Werkstück wird eine Paste aufgebracht, die aus einer Mischung aus einem bei einer bestimmten Sintertemperatur sinterbaren Metallpulver und einer Flüssigkeit besteht.

Die beiden Werkstücke werden derart zusammengebracht, dass sich die Paste zwischen den beiden Werkstücken befindet und beide Werkstücke kontaktiert.

Die Paste wird getrocknet und das getrocknete Pulver durch Erwärmen auf die Sintertemperatur gesintert. Dieses Sintern wird in nicht oxidierender Atmosphäre, beispielsweise in N_2 oder H_2 durchgeführt, und die Sintertemperatur beträgt dabei etwa $400^\circ C$. Während des Sintervorganges kann ein mechanischer Druck, beispielsweise 80 bis $90 N/cm^2$, ausgeübt werden.

Die Herstellung der klebstofffreien Verbindung nach der EP 0 242 626 A2 wird durch die Schritte durchgeführt:

Auf ein Werkstück wird eine Paste aufgebracht, die aus einer Mischung aus einem bei einer bestimmten Sintertemperatur sinterbaren Metallpulver und einer Flüssigkeit besteht.

Die Paste wird getrocknet.

Das andere Werkstück wird auf das trockene Pulver aufgesetzt.

Danach wird die gesamte Anordnung unter gleichzeitiger Ausübung eines mechanischen Druckes von mindestens $900 N/cm^2$ auf Sintertemperatur erwärmt. Die Sintertemperatur beträgt etwa $230^\circ C$ bis $250^\circ C$.

In der Dissertation von Sven Klaka: "Eine Niedertemperatur-Verbindungstechnik zum Aufbau von Leistungshalbleitermodulen", Cuvillier Verlag, Göttingen 1997 ist in diesem Zusammenhang der Sintervorgang bei Silberpulver bei niedrigen Sintertemperaturen zwischen $100^\circ C$ und $250^\circ C$ untersucht und festgestellt, dass dieses Pulver zwischen $200^\circ C$ und $250^\circ C$ Sinterbrücken ausbilden kann.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine wärmeleitende Klebstoffverbindung zwischen zwei Werkstücken bereitzustellen, die eine größere Wärmeleitfähigkeit aufweist als eine Verbindung mit einer Schicht aus Klebstoff, der ein wärmeleitendes Pulver beigemischt ist.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Danach weist die erfindungsgemäße wärmeleitende Klebstoffverbindung auf:

- Eine Schicht aus wärmeleitendem Material,
- die zwei voneinander abgekehrte flachseitige Oberflächen aufweist,
- die an jeder flachseitigen Oberfläche durch Hohlräume in der Schicht definierte Öffnungen aufweist,
- die zwischen den beiden Werkstücken so angeordnet ist, dass eine der beiden flachseitigen Oberflächen eines der beiden Werkstücke und die andere flachseitige Oberfläche das andere Werkstück flächig kontaktiert, und
- deren wärmeleitendes Material von einer der flachseitigen Oberflächen in Richtung zur anderen flachseitigen Oberfläche zusammenhängend ist,

sowie

- einen Klebstoff,
- der die Öffnungen der Schicht ausfüllt und
- der an beiden Werkstücken haftet.

Der Begriff "zusammenhängend" ist so zu verstehen, dass in der Schicht aus wärmeleitendem Material dieses Material von einer der flachseitigen Oberflächen in Richtung zur anderen flachseitigen Oberfläche der Schicht außerhalb der Hohlräume dieser Schicht mindestens so zusammenhängt oder eine Einheit bildet, wie dies in einer Schicht aus gesintertem Pulver aus wärmeleitendem Material der Fall ist. Ein solcher für die Wärmeleitfähigkeit günstiger Zusammenhang liegt bei einer thermisch und elektrisch schlecht leitenden Schicht aus Klebstoff, der wärmeleitendes Pulver beigemischt ist, nicht vor, da sich in dieser Schicht nur an vergleichsweise wenigen Berührungspunkten der Partikel des beigemischten Pulvers wärmeleitfähige Pfade ausbilden.

Je höher die Wärmeleitfähigkeit des wärmeleitenden Materials der Schicht ist, desto günstiger ist dies für die erfindungsgemäße wärmeleitende Klebstoffverbindung.

Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Klebstoffverbindung besteht darin, dass sie wahlweise als elektrisch leitende oder elektrisch isolierende Verbindung realisiert werden kann, je nachdem, ob das für die Schicht gewählte wärmeleitende Material elektrisch leitend, beispielsweise Metall ist oder elektrisch isolierend, beispielsweise wärmeleitendes Keramikmaterial ist.

Die Festigkeit der erfindungsgemäßen Klebstoffverbindung setzt sich vorteilhafterweise zusammen aus der Festigkeit der Schicht aus wärmeleitendem Material und der Festigkeit des Klebstoffs, kann also bedeutend größer werden als bei einer Klebstoffverbindung aus reinem Klebstoff oder Klebstoff, dem Pulver aus wärmeleitendem Material beigemischt ist. Bei hohen Temperaturen dominiert in der Regel die Festigkeit der Schicht aus wärmeleitendem Material. Der Klebstoff schützt vorteilhafterweise die Schicht aus wärmeleitendem Material, insbesondere bei hohen Temperaturen, gegen eine Reaktion der Schicht mit Sauerstoff oder einem anderen oxidierenden Gas.

Prinzipiell reicht es aus, wenn die Schicht aus dem wärmeleitenden Material nur Hohlräume aufweist, die Öffnungen an den flachseitigen Oberflächen der Schicht definieren. Beispielsweise kann die Schicht eine Folie aus wärmeleitendem Material mit Löchern sein, deren jedes auf beiden flachseitigen Oberflächen der Schicht je eine Öffnung definiert.

Bevorzugterweise ist die Schicht aus dem wärmeleitenden Material schwammartig mit Hohlräumen durchsetzt, so dass auch im Innern der Schicht Hohlräume vorhanden sind, die nicht unmittelbar an die flachseitigen Oberflächen der Schicht grenzen und keine Öffnungen an diesen Oberflächen definieren.

Dabei ist es vorteilhaft, wenn zumindest Hohlräume der Schicht, die Öffnungen an einer flachseitigen Oberfläche der Schicht definieren, miteinander in Verbindung stehen. Durch diese Hohlräume kann auf einfache Weise härtharem flüssiger Klebstoff von außen in die Öffnungen an einer flachseitigen Oberfläche der Schicht auch dann eingebracht werden, wenn diese Oberfläche bereits in Kontakt mit einem Werkstück steht.

Günstig ist es, wenn möglichst alle vorhandenen Hohlräume in Verbindung miteinander stehen und in Bezug auf den härtbaren flüssigen Klebstoff so klein bemessen sind, dass sie für diesen Klebstoff wie Kapillaren wirken, die eine Saugwirkung auf ihn ausüben. In diesem Fall kann der härthbare flüssige Klebstoff vorteilhafterweise im Wesentlichen von selbst durch kapillare Saugwirkung von außen durch die Schicht und in die Öffnungen an den flachseitigen Oberflächen dieser Schicht eingebracht werden, unabhängig davon, ob die Oberflächen bereits in Kontakt mit einem Werkstück stehen oder nicht. Alternativ oder zusätzlich zur kapillaren Saugwirkung kann der härthbare flüssige Klebstoff mit Druckunterstützung in die Schicht eingebracht werden.

Bei einer bevorzugten Ausführung der erfindungsgemäßen Verbindung ist das wärmeleitende Material der Schicht aus der Gruppe der Metalle, insbesondere aus der Gruppe der Edelmetalle und Halbedelmetalle gewählt. Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn das wärmeleitende Material Silber aufweist.

Bevorzugter- und vorteilhafterweise besteht die Schicht aus gesintertem Metallpulver. Eine solche Schicht, die elektrisch leitend ist, hat beispielsweise folgende Vorteile: Sie ist leicht herstellbar, sie kann unter Umständen an ein Werkstück oder an beide zu verbindenden Werkstücken angesintert sein und bereits von sich aus eine wärmeleitende Verbindung mit einem oder beiden Werkstücken bilden, welche die vom Klebstoff hergestellte Verbindung unterstützt, sie ist von selbst so ausgebildet, dass sie an ihren flachseitigen Oberflächen durch Hohlräume definierte Öffnungen aufweist und schwammartig mit Hohlräumen durchsetzt ist, wobei die Hohlräume miteinander in Verbindung stehen und in Bezug auf einen härtbaren flüssigen Klebstoff so klein bemessen sein können, dass sie auf diesen Klebstoff eine kapillare Saugwirkung ausüben usw.

Die erfindungsgemäße Klebstoffverbindung ist besonders gut zum Befestigen eines elektronischen Bauelements, insbesondere eines Leistungsbaulements auf einem Trägerkörper geeignet, d. h., bei dieser Verbindung ist ein Werkstück das elektronische Bauelement, insbesondere das Leistungsbaulement, und das andere Werkstück der Trägerkörper für das elektronische Bauelement. Der Trägerkörper weist bevorzugterweise einen Kühlkörper für das elektronische Bauelement auf.

Die Erfindung stellt auch ein Verfahren zum Herstellen einer wärmeleitenden Klebstoffverbindung zwischen zwei Werkstücken bereit, die eine größere Wärmeleitfähigkeit aufweist als eine Verbindung mit einer Schicht aus Klebstoff, der ein wärmeleitendes Pulver beigemischt ist, und das die Schritte aufweist:

- Herstellen einer Schicht aus wärmeleitendem Material,
- die zwei voneinander abgekehrte flachseitige Oberflächen aufweist,
- die an jeder flachseitigen Oberfläche durch Hohlräume in der Schicht definierte Öffnungen aufweist,
- die zwischen den beiden Werkstücken so angeordnet ist, dass eine der beiden flachseitigen Oberflächen eines der beiden Werkstücke und die andere flachseitige Oberfläche das andere Werkstück jeweils flächig kon-

taktiert, und

- deren wärmeleitendes Material von einer der flachseitigen Oberflächen in Richtung zur anderen flachseitigen Oberfläche zusammenhängend ist,
- Einbringen von flüssigem härtbaren Klebstoff in die Öffnungen der auf diese Weise zwischen den beiden Werkstücken angeordneten Schicht so, daß der eingebrachte nussige Klebstoff jedes Werkstück benetzt, und
- Härten des so eingebrachten Klebstoffs.

Gemäß diesem Verfahren wird zuerst eine gut wärmeleitende Schicht hergestellt, die mit den beiden Werkstücken in Kontakt steht, und erst danach wird die Schicht mit den Werkstücken verklebt.

Die wärmeleitende Schicht wird bevorzugter und vorteilhafterweise hergestellt durch die Schritte:

- Aufbringen einer Paste auf ein Werkstück und/oder das andere Werkstück, die aus einer Mischung aus einem bei einer bestimmten Sintertemperatur sinterbaren Pulver aus wärmeleitendem Material und einer Flüssigkeit besteht,
- Zusammenbringen der beiden Werkstücke derart, dass sich die Paste zwischen den beiden Werkstücken befindet und die Paste beide Werkstücke kontaktiert,
- Trocknen der Paste und
- Sintern des getrockneten Pulvers durch Erwärmen auf die Sintertemperatur.

Die Schicht aus gesintertem Pulver kann vorteilhafterweise abhängig vom gewählten wärmeleitenden Material des Pulvers elektrisch leitend oder nicht leitend sein und überdies die gleichen Vorteile aufweisen, wie sie oben in Bezug auf die Schicht aus gesintertem Metallpulver beschrieben sind, d. h., sie ist leicht herstellbar, sie kann unter Umständen an ein Werkstück oder an beide zu verbindenden Werkstücken angesintert sein und bereits von sich aus eine wärmeleitende Verbindung mit einem oder beiden Werkstücken bilden, welche die vom Klebstoff hergestellte Verbindung unterstützt, sie ist von selbst so ausgebildet, dass sie an ihren flachseitigen Oberflächen durch Hohlräume definierte Öffnungen aufweist und schwammartig mit Hohlräumen durchsetzt ist, wobei die Hohlräume miteinander in Verbindung stehen und in Bezug auf einen härtbaren flüssigen Klebstoff so klein bemessen sein können, dass sie auf diesen Klebstoff eine kapillare Saugwirkung ausüben, usw.

Eine höhere Dichte und damit höhere Wärmeleitfähigkeit der gesinterten Schicht aus dem wärmeleitenden Pulver kann erhalten werden, wenn dem Pulver sehr feinere und/oder sehr viel gröbere Pulver aus wärmeleitendem Material beigemischt sind. Grobkörnige Pulver können aus Metall oder anderen Stoffen mit guter Wärmeleitfähigkeit bestehen, beispielsweise aus SiC oder Diamant.

Eine hohe Dichte und damit gute Wärmeleitfähigkeit der gesinterten Schicht aus wärmeleitendem Material kann auch mit dem Schritt des Ausübens eines bestimmten mechanischen Drucks auf das Pulver während des Sintervorgangs oder nach Abschluss dieses Vorgangs erreicht werden.

Vorzugsweise wird ein aus der Gruppe der Metalle, insbesondere der Edel- und Halbedelmetalle gewähltes sinterbares Pulver verwendet.

Besonders vorteilhaft ist es, ein Silber aufweisendes sinterbares Pulver zu verwenden. Wird ein Silberpartikeln aufweisendes Pulver verwendet und das Sintern dieses Pulvers in oxidierender Atmosphäre durchgeführt, reicht zum Sintern vorteilhafterweise eine Sintertemperatur zwischen 100°C und 250°C aus. Das Sintern in oxidierender Atmosphäre kann auch bei sinterbaren Pulvern von Vorteil sein,

die von Silber verschiedene Stoffe enthalten.

Die Erfindung wird in der nachfolgenden Beschreibung anhand der Zeichnungen beispielhaft näher erläutert: Es zeigen:

Fig. 1 im Querschnitt zwei getrennte Werkstücke, auf die jeweils eine aus sinterbaren wärmeleitenden Material und einer Flüssigkeit bestehende Paste aufgebracht ist.

Fig. 2 die Werkstücke nach **Fig. 1** in der gleichen Darstellung aber im derart zusammengebrachten Zustand, dass die Paste eine beide Werkstücke kontaktierende einzige durchgehende Schicht zwischen den Werkstücken bildet,

Fig. 3 die Werkstücke nach **Fig. 2** in der gleichen Darstellung, aber nach dem Trocknen der Paste und dem Sintern des Pulvers aus wärmeleitenden Material zu einer gesinterten Schicht, die zwischen den Werkstücken angeordnet ist und beide Werkstücke kontaktiert,

Fig. 4 den kreisförmig umschlossenen Ausschnitt A in der **Fig. 3** in vergrößerter Darstellung,

Fig. 5 den Ausschnitt A nach **Fig. 4** nach dem Füllen der Öffnungen und Hohlräume der gesinterten Schicht mit härtbarem flüssigen Klebstoff, und

Fig. 6 den Ausschnitt A nach **Fig. 5** nach dem Härten des Klebstoffs.

Die Figuren sind schematisch und nicht maßstäblich.

Die erfindungsgemäße wärmeleitende Klebstoffverbindung zwischen zwei Werkstücken wird am Beispiel eines bevorzugten speziellen Herstellungsverfahrens näher erläutert.

Die **Fig. 1** zeigt als Ausgangsstufe dieses Verfahrens zwei voneinander getrennte Werkstücke 1 und 2 die einander gegenüberliegende und formmäßig einander angepasste, beispielsweise ebene Oberflächenabschnitte 11 bzw. 21 aufweisen.

Beispielsweise sei das Werkstück 1 ein elektronisches Bauelement, z. B. ein Leistungsbaulement, insbesondere ein Leistungshalbleiter-Bauelement, und das Werkstück 2 ein Trägerkörper für das elektronische Bauelement, der insbesondere ein Kühlkörper für dieses Element sein oder zumindest einen solchen umfassen kann.

Auf den Oberflächenabschnitt 21 des Werkstücks 2 und/oder den Oberflächenabschnitt 11 des Werkstücks 1 ist eine Paste 5 aufgebracht, die aus einer Mischung aus einem bei einer bestimmten Sintertemperatur T sinterbaren Pulver aus wärmeleitendem Material und einer Flüssigkeit besteht. In der **Fig. 1** ist die Paste 5 auf jedes Werkstück 1 und 2 aufgebracht dargestellt, es reicht aber aus, die Paste 5 nur auf ein Werkstück, beispielsweise das Werkstück 2 aufzubringen.

Die beiden Werkstücke 1 und 2 werden nach dem Aufbringen der Paste 5 derart zusammengebracht, dass sich die Paste 5 zwischen den beiden Werkstücken 1 und 2 befindet und die Paste 5 den Oberflächenabschnitt 11 und 21 jedes Werkstücks 1 und 2 möglichst ganzflächig kontaktiert und eine dünne Schicht 3' zwischen diesen Abschnitten 11 und 21 bildet, wonach die in der **Fig. 2** dargestellte Zwischenstufe des Verfahrens entstanden ist.

Danach wird die Schicht aus der Paste 5 getrocknet und nach Erwärmen auf die Sintertemperatur T gesintert.

Für das Trocknen der Paste 5 und auch ein späteres Einbringen von härtbarem flüssigem Klebstoff in die gesinterte Schicht ist es von Vorteil, wenn die beiden zusammengebrachten Werkstücke 1 und 2 gegeneinander gedrückt werden, so dass die Paste 5 aus zumindest einem Werkstück, beispielsweise dem Werkstück 1 in einem kleinen Wulst 51 herausquillt, der dieses Werkstück umgibt.

Das Trocknen der Paste 5 erfolgt beispielsweise durch Verdunstenlassen der in der Paste 5 enthaltenen Flüssigkeit, das durch Erwärmen der Paste 5, beispielsweise während des Erwärmens auf Sintertemperatur T und/oder bei Unter-

druck, beispielsweise im Vakuum vorgenommen werden kann. Der Wulst 51 trägt vorteilhafterweise dazu bei, dass die Flüssigkeit rückstandsfrei und ohne Blasenbildung verdunstet kann.

Nach dem Sintern des getrockneten Pulvers ist die in Fig. 3 dargestellte Zwischenstufe des Verfahrens entstanden.

Diese Zwischenstufe weist die zwischen den Oberflächenabschnitten 11 und 21 der Werkstücke 1 und 2 angeordnete gesinterte Schicht 3 aus dem getrockneten Pulver auf, die zwei voneinander abgekehrten flachseitigen Oberflächen 31, 31 und einen zumindest ein Werkstück umgebenden Wulst 30 aufweist, der aus dem Wulst 51 entstanden ist.

Eine der flachseitigen Oberflächen 31, 31 grenzt flächig an den Oberflächenabschnitt 11 des Werkstücks 1, die andere flächig an den Oberflächenabschnitt 21 des Werkstücks 2.

Zur Erhöhung der Dichte der gesinterten Schicht 3 kann während des Sintervorgangs ein bestimmter mechanischer Druck p auf das Pulver zwischen den Werkstücken 1 und 2 ausgeübt werden.

Die Sintertemperatur T wird vom Pulvermaterial bestimmt.

Der in der Fig. 4 vergrößert dargestellte Ausschnitt A der Fig. 3 zeigt beispielhaft und schematisch die Struktur der gesinterten Schicht 3.

In der Fig. 4 enthält der schräg schraffierte Teil 34 der Schicht 3 gesintertes Pulver aus wärmeleitendem Material, das von einer flachseitigen Oberfläche 31 in Richtung 35 zur anderen flachseitigen Oberfläche 31 der Schicht 3 zusammenhängend ist.

Alle nicht schraffierten weißen Bereiche 32 der Schicht 3 stellen Hohlräume der Schicht 3 dar. Obgleich alle diese weißen Bereiche jeweils mit dem Bezugszeichen 32 versehen sein müßten, sind der Übersichtlichkeit halber nur einige wenige dieser Bereiche mit diesem Bezugszeichen 32 bezeichnet.

Die Hohlräume 32 durchsetzen die Schicht 3 schwammartig und sind zum größten Teil miteinander verbunden, wenngleich nicht in der dargestellten Schnittebene. Hohlräume 32, die an eine flachseitige Oberflächen 31 grenzen, definieren jeweils eine Öffnung 33 in dieser Oberfläche 31.

Das bis hierher beschriebene Verfahren ist ähnlich dem in der DE 34 14 065 A1 beschriebenen Verfahren zum Herstellen einer klebstofffreien Verbindung und auch dem in der EP 0 242 626 A2 beschriebenen Verfahren zum Herstellen einer solchen Verbindung und es können alle dort angegebenen Werkstücke und Materialien für diese Werkstücke, die Flüssigkeit der Paste und das Pulver der Paste sowie die dort angegebenen Sintertemperaturen und Drücke auch bei dem hier beschriebenen Verfahren zum Herstellen der erfindungsgemäßen Klebstoffverbindung verwendet werden. Die gesante Offenbarung der DE 34 14 065 A1 und die gesamte Offenbarung der EP 0 242 626 A2 sind Bestandteil der vorliegenden Anmeldung.

Bei den aus diesen beiden Druckschriften bekannten Verfahren besteht die gesinterte Schicht aus Metall und ist an beide Werkstücke angesintert. Auch zum Herstellen der erfindungsgemäßen Schicht 3 kann ein aus der Gruppe der Metalle gewähltes sinterbares Pulver verwendet werden. Insbesondere kann ein aus der Gruppe der Edel- und Halbmetalle gewähltes sinterbares Pulver verwendet werden. Eine solche Schicht 3 kann an das Werkstück 1 und/oder 2 angesintert sein. Es können vorteilhafterweise auch sinterbare Pulver verwendet werden, die nicht an ein Werkstück 1 und/oder 2 ansintern. Die Schicht 3 kann auch mit einem wärmeleitenden nichtmetallischen sinterbaren Pulver, beispielsweise einem Keramikmaterial, SiC, Diamant usw. aufweisenden Pulver hergestellt sein.

Günstig ist es, wenn der Oberflächenabschnitt 11 bzw. 21 eines Werkstücks 1 und/oder 2 glatt, insbesondere poliert ist, da in diesem Fall die Partikel der gesinterten Schicht 3 in besonders engen Kontakt mit dem betreffenden Oberflächenabschnitt 11 oder 21 kommen und für eine gute Wärmeübertragung zwischen Werkstück 1 und/oder 2 und gesinteter Schicht 3 sorgen.

Die Öffnungen 33 auf den flachseitigen Oberflächen 31 der zwischen den Werkstücken 1 und 2 angeordneten gesinterten Schicht 3 werden nun mit härtbarem flüssigen Klebstoff gefüllt, der die Oberflächenabschnitte 11 und 21 der Werkstücke 1 und 2 benetzt.

Aufgrund der schwammartig mit miteinander in Verbindung stehenden Hohlräumen 32 durchsetzten Struktur der Schicht 3 kann das Füllen der Öffnungen 33 mit flüssigem Klebstoff durch Einsaugen dieses Klebstoffs in die Schicht 3 solange, bis möglichst alle Hohlräume 32 und Öffnungen 33 mit dem Klebstoff gefüllt sind, durchgeführt werden.

Das Einsaugen des Klebstoffs kann durch Kapillarwirkung der in Verbindung miteinander stehenden Hohlräume 32 auf den flüssigen Klebstoff und/oder druckunterstützt erfolgen. Günstig ist es, wenn der Klebstoff möglichst dünnflüssig ist.

Als härtbarer flüssiger Klebstoff 4 ist beispielsweise flüssiges Epoxidharz geeignet.

Vorteilhaft für das Einsaugen des Klebstoffs in die Schicht 3 ist der Wulst 30, da er dem einzusaugenden Klebstoff eine relativ große Fläche bietet.

Nach einem derartigen Füllen der Öffnungen 33 der Schicht 3 ist eine Verfahrenszwischenstufe entstanden, die in der Fig. 5, welche wie die Fig. 4 den Ausschnitt A der Fig. 3 vergrößert zeigt, dargestellt ist. Der in die Schicht 3 eingesaugte und die Hohlräume 32 und Öffnungen 33 der Schicht 3 füllende Klebstoff ist in der Fig. 5 waagrecht gestrichelt angedeutet und mit 4 bezeichnet. In den Öffnungen 33 benetzt der Klebstoff 4 die Oberflächenabschnitte 11 und 21 der Werkstücke 1 und 2.

Nach dem Härten des eingesaugten Klebstoffs 4 ist die fertige erfindungsgemäße Klebstoffverbindung entstanden, die in der Fig. 6, welche wie die Fig. 4 und 5 den Ausschnitt A der Fig. 3 vergrößert zeigt, dargestellt ist. Der die Hohlräume 32 und Öffnungen 33 der Schicht 3 füllende gehärtete Klebstoff ist in der Fig. 6 schräg und abwechselnd dünn und dick schraffiert angedeutet und mit 4' bezeichnet. In den Öffnungen 33 haftet der gehärtete Klebstoff 4' an den Oberflächenabschnitten 11 und 21 der Werkstücke 1 und 2.

Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Klebstoffverbindung weist eine Schicht 3 aus gesintertem Silberpulver auf, das für das vorstehend beschriebene Verfahren zum Herstellen dieser Klebstoffverbindung besonders geeignet ist, da gemäß der oben erwähnten Dissertation Silber schon bei niedrigen Temperaturen zwischen 100°C und 250°C, vorzugsweise zwischen etwa 150°C und 250°C Sinterbrücken ausbilden kann.

Zur Herstellung dieser Klebstoffverbindung werden beispielsweise geeignete feinkörnige Silberpulver mit einer beispielsweise organischen Flüssigkeit, z. B. Terpeneol oder Ethylenglykolether zu einer Paste 5 angerührt, die wie eine Leitklebepaste verarbeitet werden kann.

Nach Auftrag der Paste 5, zum Beispiel mit einem Dispenser, auf wenigstens eines der beiden Werkstücke 1 oder 2, das beispielsweise ein Trägerkörper für ein elektronisches Bauelement in Form eines Chips ist, wird das andere Werkstück 2 bzw. 1, im Beispiel der Chip, so auf die Paste 5 gesetzt, daß sie ringsum in einem kleinen Wulst 51 herausquillt. So kann bei langsamem Erwärmen der Paste 5 die Flüssigkeit rückstandsfrei und ohne Blasenbildung verdunsten und die Paste 5 trocknen.

Nach dem Trocknen ist zwischen den Werkstücken 1 und 2 eine Schicht 3 und ein Wulst 30 aus trockenem Silberpulver entstanden, die gesintert werden.

Für die Sinterung von Silber bei weniger als 250°C ist eine oxidierende Atmosphäre unabdingbar. Überraschenderweise kann in der dünnen Schicht 3 aus Silberpulver von weniger als 100 µm zwischen den Werkstücken 1 und 2 der Sauerstoff genügend rasch eindiffundieren, so daß auch in Flächen von bis zu 5 × 5 cm² oder mehr eine Versinterung des Silberpulvers stattfindet. Beispielsweise findet in Flächen von 2 × 2 cm² innerhalb von ca. 15 Minuten eine Versinterung des Silberpulvers stattfindet.

Es wurde die Erkenntnis gewonnen, dass Silberpulver in O₂-haltiger Atmosphäre, beispielsweise in Luft, überraschenderweise schon bei niedrigen Temperaturen ab 150°C beginnt zu versintern. Der Vorgang des Versinterns zeigt sich in diesem Fall dadurch, dass das Silberpulver sich zu einem Hohlraum aufweisenden Schwamm verfestigt und ein auffallendes Anhaftungsvermögen erlangt. Beispielsweise haftet eine heiße Pinzettenspitze bei leichtem Druck am verfestigten Schwamm aus dem Silberpulver an. Auch auf vielen glatten Oberflächen wie zum Beispiel Silizium, Glas, Korund, Polyimid tritt diese Anhaftung auf, die fest genug ist, um zum Beispiel einen Chip auf Glas anzusintern und auf Raumtemperatur abzukühlen, zum Einsaugen von härtbarem flüssigen Klebstoff und beispielsweise zum Drahtbonden. Auch für Silber gilt, dass polierte Oberflächen hierfür besonders geeignet sind, da die Silberpartikel in engen Kontakt zur Oberfläche kommen. Bei hoher Temperatur geht das Anhaftungsvermögen wieder zurück.

Die so erzeugte gesinterte Schicht 3 aus Silberpulver ist schwammartig von Hohlräumen 32 durchsetzt und weist an ihren flachseitigen Oberflächen 31 Öffnungen auf. Die Dichte dieser Schicht 3 liegt je nach Ausgangspulver zwischen 40–50 Vol.% Silber und kann durch Beimischung sehr feiner und auch sehr viel gröberer Pulver weiter erhöht werden. Als grobkörnige Pulver können statt Silber auch andere Stoffe mit guter Wärmeleitfähigkeit, aber geringem thermischen Ausdehnungskoeffizienten wie zum Beispiel SiC oder Diamant eingesetzt werden, beispielsweise um den Wärmeausdehnungskoeffizienten der gesinterten Schicht 3 aus Silberpulver besser an einen Chip anzupassen.

Eine hohe Silberdichte und damit gute Wärmeleitfähigkeit kann auch durch Druckanwendung bei 150°C bis 250°C erreicht werden, wobei Druck und Zeit bei weitem niedriger bleiben können als bei dem bekannten Verfahren nach der EP 0 242 626 A2.

Die gesinterte Schicht 3 aus Silberpulver weist eine große kapillare Saugkraft auf, so daß jeder dünnflüssige Klebstoff 4 in die Schicht 3 eingesaugt oder mit Druckunterstützung eingepreßt werden kann.

Die Festigkeit der Klebstoffverbindung nach dem Härten des eingesaugten Klebstoffs 4 setzt sich dann zusammen aus der Eigenfestigkeit der gesinterten Schicht 3 aus Silberpulver und der des gehärteten Klebstoffs 4, kann also bedeutend größer werden als bei einer reinen Klebung. Bei hohen Temperaturen dominiert die Festigkeit der gesinterten Schicht 3 aus Silberpulver. Da nach dem Härten des Klebstoffs 4 der weitere Zutritt von Sauerstoff zur gesinterten Schicht 3 aus Silberpulver unterbunden ist, ändert sich vorteilhafterweise das Sintergefüge dieser Schicht 3 bei hohen Temperaturen dann nicht mehr.

Die erfindungsgemäße Klebstoffverbindung kann auch anders hergestellt werden. Beispielsweise kann eine Schicht 3 aus wärmeleitendem Material, beispielsweise Metall, verwendet werden, die Hohlräume 32 in Form von Löchern aufweist, deren jedes durch die Schicht 3 von einer zur anderen flachseitigen Oberfläche 31 der Schicht 3 hindurch-

geht, und die mit einer der beiden flachseitigen Oberflächen 31, 31 dieser Schicht 3 flach auf den Oberflächenabschnitt 11 bzw. 21 eines der beiden Werkstücke 1 und 2 aufgebracht ist.

Jedes Loch 32 definiert in jeder der beiden flachseitigen Oberflächen 31, 31 je eine Öffnung 33.

Diese Schicht 3 kann beispielsweise eine flach auf den Oberflächenabschnitt 11 bzw. 21 eines der beiden Werkstück 1 und 2 aufgebrachte und von vorneherein die Löcher 32 und Öffnungen 33 aufweisende dünne Folie aus wärmeleitendem Material, beispielsweise Metall, sein.

Anstelle der dünnen Folie kann auch eine Schicht 3 aus wärmeleitendem Material verwendet werden, die durch Bedampfen, Sputtern, thermisches Bespritzen usw. des Oberflächenabschnitts 11 bzw. 21 eines der beiden Werkstück 1 oder 2 auf diesen Oberflächenabschnitt 11 bzw. 21 aufgebracht wird, und in der dann die Löcher 32 und Öffnungen 33 erzeugt werden, beispielsweise photolithografisch und durch Ätzen der Schicht 3 mit einem Ätzmittel.

Die Löcher 32 und Öffnungen 33 der aufgebrachten Schicht 3 werden durch die in der vom Oberflächenabschnitt 11 oder 21 des einen Werkstücks 1 bzw. 2 abgekehrten flachseitigen Oberfläche 31 der Schicht 3 mit härtbarem flüssigen Klebstoff 4 gefüllt, der den Oberflächenabschnitt 11 oder 21 des einen Werkstücks 1 bzw. 2 benetzt.

Auf die von diesem Oberflächenabschnitt 11 oder 21 des einen Werkstücks 1 bzw. 2 abgekehrte flachseitige Oberfläche 31 der mit dem flüssigen Klebstoff 4 gefüllten Schicht 3 wird der Oberflächenabschnitt 21 bzw. 11 des anderen Werkstück 2 bzw. 1 flach aufgesetzt, so dass der flüssige Klebstoff 4 diesen Oberflächenabschnitt 21 bzw. 11 benetzt.

Danach wird der Klebstoff 4 gehärtet, so dass er an den beiden Oberflächenabschnitten 11 und 21 der beiden Werkstücke 1 und 2 haftet.

Patentansprüche

1. Wärmeleitende Klebstoffverbindung zwischen zwei Werkstücken (1, 2), aufweisend:

- Eine Schicht (3) aus wärmeleitendem Material,
- die zwei voneinander abgekehrte flachseitige Oberflächen (31) aufweist,
- die an jeder flachseitigen Oberfläche (31) durch Hohlräume (32) in der Schicht (3) definierte Öffnungen (33) aufweist,
- die zwischen den beiden Werkstücken (1, 2) so angeordnet ist, dass eine der beiden flachseitigen Oberflächen (31) eines (1; 2) der beiden Werkstücke (1, 2) und die andere flachseitige Oberfläche (31) das andere Werkstück (2; 1) flächig kontaktiert, und
- deren wärmeleitendes Material von einer der flachseitigen Oberflächen (31) in Richtung (34) zur anderen flachseitigen Oberfläche (31) zusammenhängend ist,

sowie

- einen Klebstoff (4),
- der die Öffnungen (33) der Schicht (3) ausfüllt und
- der an beiden Werkstücken (1, 2) haftet.

2. Verbindung nach Anspruch 1, wobei die Schicht (3) schwammartig mit Hohlräumen (32) durchsetzt ist.

3. Verbindung nach Anspruch 1 oder 2, wobei zumindest Hohlräume (32) der Schicht (3), die Öffnungen (33) an einer flachseitigen Oberfläche (31) der Schicht (3) definieren, miteinander in Verbindung stehen.

4. Verbindung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das wärmeleitende Material aus der

Gruppe der Metalle gewählt ist.

5. Verbindung nach Anspruch 4, wobei das wärmeleitende Material aus der Gruppe der Edel- und Halbedelmetalle gewählt ist.

6. Verbindung nach Anspruch 5, wobei das wärmeleitende Material Silber aufweist.

7. Verbindung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei die wärmeleitende Schicht (3) aus gesintertem Metallpulver besteht.

8. Verbindung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Werkstück (1; 2) ein elektronisches Bauelement und das andere Werkstück (2; 1) ein Trägerkörper für das elektronische Bauelement ist.

9. Verbindung nach Anspruch 8, wobei das elektronische Bauelement (1; 2) ein Leistungselement ist.

10. Verbindung nach Anspruch 8 oder 9, wobei der Trägerkörper (2; 1) einen Kühlkörper für das elektronische Bauelement (1; 2) aufweist.

11. Verfahren zum Herstellen einer wärmeleitenden Klebstoffverbindung zwischen zwei Werkstücken, aufweisend die Schritte:

- Herstellen einer Schicht (3) aus wärmeleitendem Material,
- die zwei voneinander abgekehrte flachseitige Oberflächen (31) aufweist,
- die an jeder flachseitigen Oberfläche (31) durch Hohlräume (32) in der Schicht (3) definierte Öffnungen (33) aufweist,
- die zwischen den beiden Werkstücken (1, 2) so angeordnet ist, dass eine der beiden flachseitigen Oberflächen (31) eines (1; 2) der beiden Werkstücke (1, 2) und die andere flachseitige Oberfläche (31) das andere Werkstück (2; 1) jeweils flächig kontaktiert, und
- deren wärmeleitendes Material von einer der flachseitigen Oberflächen (31) in Richtung (34) zur anderen flachseitigen Oberfläche (31) zusammenhängend ist,
- Einbringen von flüssigem härtbaren Klebstoff (4) in die Öffnungen (33) der auf diese Weise zwischen den beiden Werkstücken (1, 2) angeordneten Schicht (3) so, daß der eingebrachte flüssige Klebstoff (4) jedes Werkstück (1, 2) benetzt und
- Härten des so eingebrachten Klebstoffs (4).

12. Verfahren nach Anspruch 11, mit einem Herstellen der wärmeleitenden Schicht (3) durch die Schritte:

- Aufbringen einer Paste (P) auf ein Werkstück (1; 2) und/oder das andere Werkstück (2; 1), die aus einer Mischung aus einem bei einer bestimmten Sinter Temperatur (T) sinterbaren Pulver aus wärmeleitendem Material und einer Flüssigkeit besteht,
- Zusammenbringen der beiden Werkstücke (1, 2) derart, dass sich die Paste (5) zwischen den beiden Werkstücken (1, 2) befindet und beide Werkstücke (1, 2) kontaktiert,
- Trocknen der Paste (P) und
- Sintern des getrockneten Pulvers () durch Erwärmen auf die Sinter Temperatur (T).

13. Verfahren nach Anspruch 12, mit dem Schritt:

- Ausüben eines bestimmten mechanischen Drucks (p) auf das Pulver während des Sintervorgangs.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, wobei ein aus der Gruppe der Metalle gewähltes sinterbares Pulver verwendet wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei ein aus der Gruppe der Edel- und Halbedelmetalle gewähltes sin-

terbares Pulver verwendet wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei ein Silber aufweisendes sinterbares Metallpulver verwendet wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 16, wobei das Sintern des Pulvers in oxidierender Atmosphäre durchgeführt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 16 und 17, wobei eine Sinter Temperatur (T) zwischen 100°C und 250°C verwendet wird.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

FIG 1

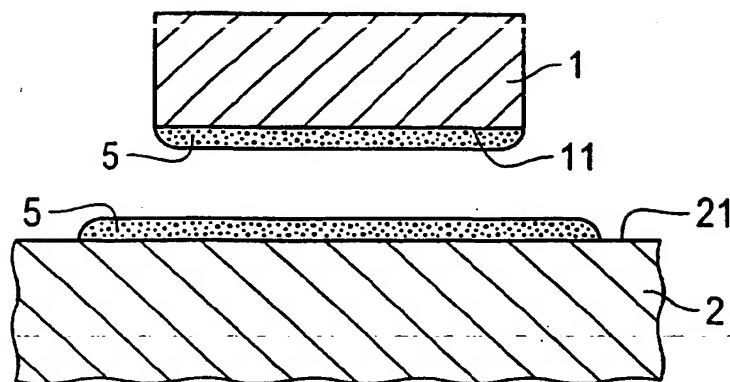


FIG 2

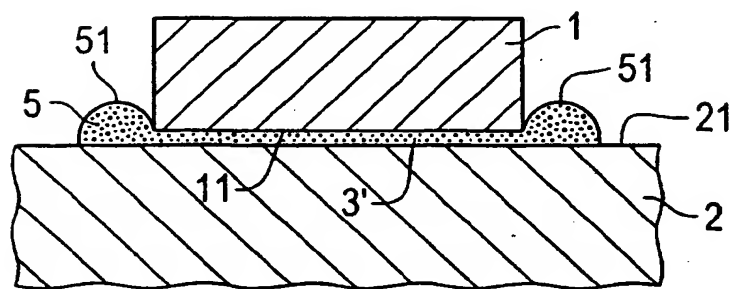


FIG 3

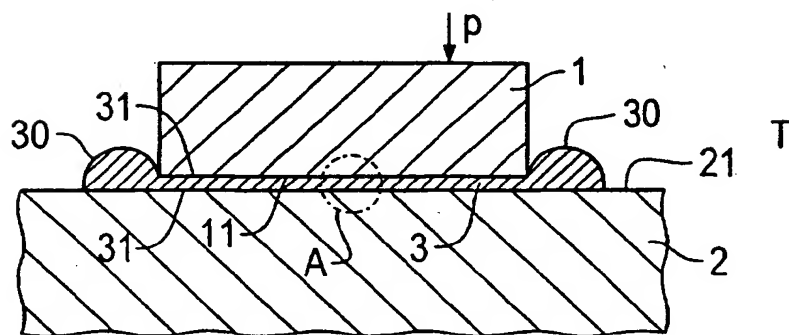


FIG 4

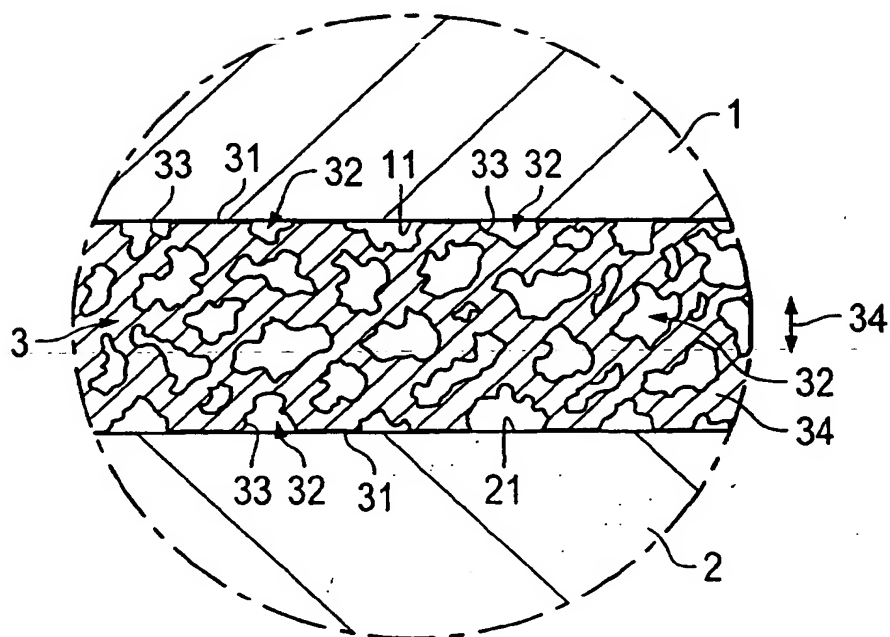


FIG 5

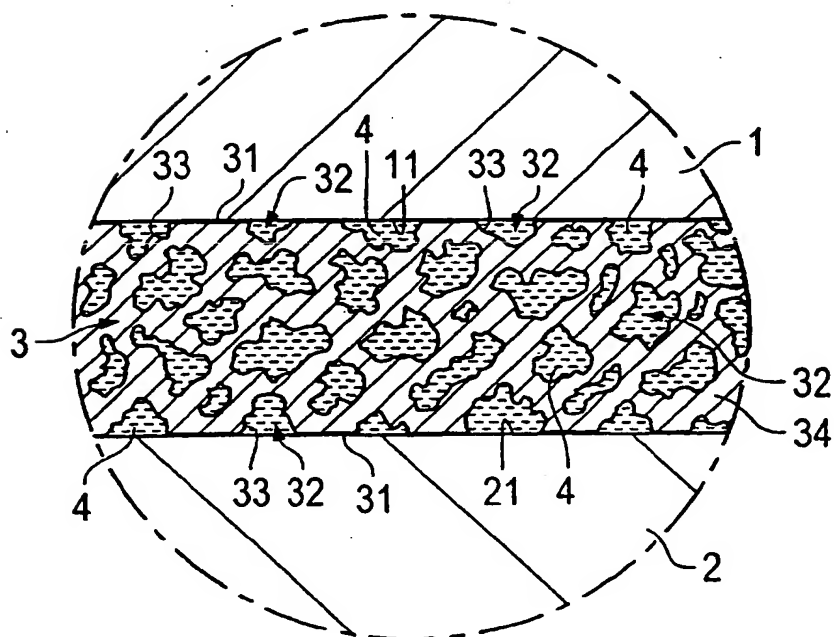


FIG 6

